

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-092718

(43)Date of publication of application : 12.04.1989

(51)Int.Cl.

G02B 27/42
G02B 27/02

(21)Application number : 62-250447

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 02.10.1987

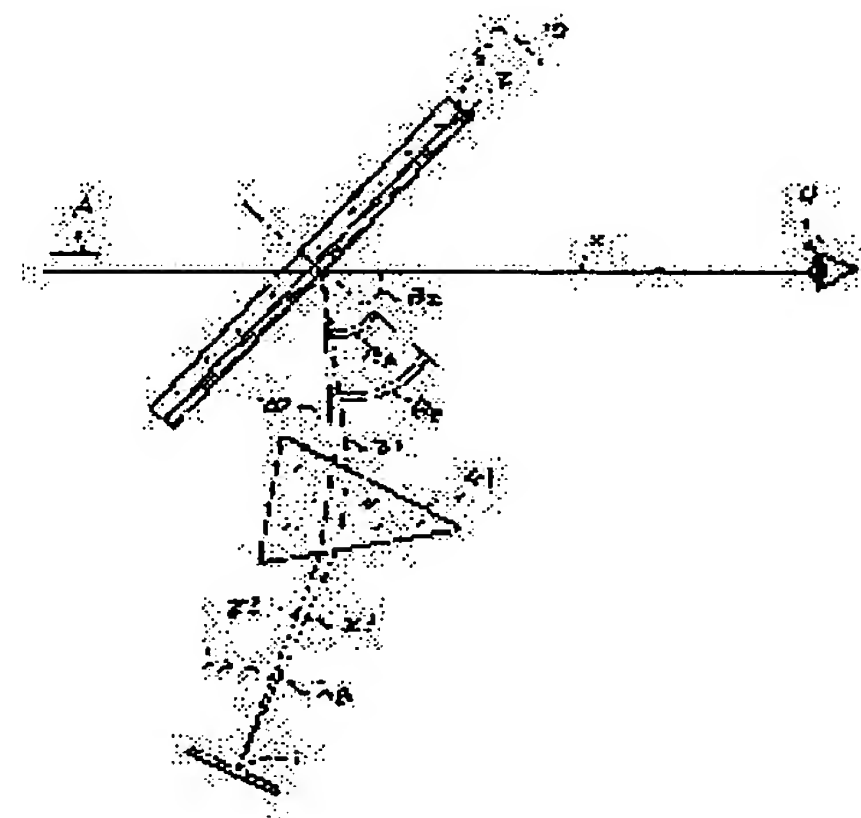
(72)Inventor : KUWAYAMA TETSUO
TANIGUCHI NAOSATO
KUSHIBIKI NOBUO
YOSHINAGA YOKO

(54) DISPLAY METHOD FOR CORRECTING CHROMATIC ABERRATION GENERATED BY DIFFRACTION GRATING OPTICAL ELEMENT, AND EXECUTING IMAGE DISPLAY BY DIFFRACTION GRATING OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To always observe a distinct image even when a position of a pupil is varied by utilizing a dispersing action of a transparent refractive optical element, giving an incident angle difference and an optical path length difference to a diffraction grating optical element with respect to light beams of each wavelength of a luminous flux having prescribed wavelength width and suppressing a chromatic aberration generated by the diffraction grating optical element.

CONSTITUTION: An axial chromatic aberration caused by a color dispersion generated by a diffraction grating optical element 10 is negated by an effect of a color dispersion tending in the reverse direction generated by a triangular prism 41. Also, there is a misalignment in the optical axis direction of aberration formed by a light beam 20 of wavelength λ_B generated by the diffraction grating optical element 10. It is correct by a misalignment of a virtual image formed position in the tendency reverse to the diffraction grating optical element 10, caused by a refractive index difference and an optical path length difference between the light beam 20 of wavelength λ_A and the light beam 21 of wavelength λ_B generated in the triangular prism 41. In such a way, the axial chromatic aberration generated by the diffraction grating optical element 10 is corrected roughly satisfactorily. Therefore, even when a pupil position has moved in the direction being orthogonal to the optical axis, a distinct image can be observed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

示パターンが描かれたマスクでも良い。41は光入射面に反射防止膜を形成した透明光学部材から成る三角柱プリズムであり、表示面1からの光の回折格子光学素子に至るまでの光路中に置かれている。

又、三角柱プリズム41を構成する光学部材は、ガラスやアクリル樹脂等から成るものであり、三角柱プリズム41の代わりに、後述する別の実施例の如く他の形態のプリズムやレンズ素子も使用可能である。

回折格子光学素子10の反射（回折）効率は15〜30%程度であり、表示面1からの結像光束を面9の方向へ反射回折させると共に、矢印A方向に存在する前方の物体からの光を透過させ、面9方向へ指向する。又、その光学的級数は正レンズ若しくは凹面鏡と等価である。従って、面9に一致する種族者は、回折格子光学素子10が矢印A方向に形成する表示面1の表示像の拡大された虚像と矢印A方向に存在する物体を重畳した状態で観察する。

20, 21として射出する。

この時、波長 λ の光23は波長 λ の光22より波長が短いため、波長 λ の光23が波長 λ の光22の傾角より大きな傾角で三角柱プリズム41により屈折される。従って、波長 λ の光21の回折格子光学素子10の光入射面に対して入射角 θ は、波長 λ の光20の回折格子光学素子10の光入射面に対して入射角 θ よりも小さくなる。（ $\theta < \theta_0$ ）

三角柱プリズム41から射出し、互いに異なる入射角 θ_0, θ で回折格子光学素子10に入射する光20, 21は、夫々回折格子光学素子10で反射回折されて面9へ向う。波長 λ の光20は回折格子光学素子10により角 $180 - (\theta_0 + \theta)$ だけ屈折され、波長 λ の光21は回折格子光学素子10により角 $180 - (\theta + \theta)$ だけ屈折される為、夫々の光20, 21の光路が一致した状態で面9に向い、夫々の光20, 21が回折格子光学素子10に対して面9と反対側に形成する表示面1の虚像の位

向、第1図に示す光20, 21, 22, 23は表示面1の同一位置から出した波長 λ （20, 22）、 λ とは異なる波長 λ （21, 23）の光の主光線を示すものであり、第1図の光学系における物上結像光束の主光線のみを便宜上描いている。

表示面1からの表示像を有する光束は所定の波長 λ 、例えば半波長で100nmを有しており、回折格子光学素子10のより狭い半波長で例えば10〜40nmに制限される。上述の通り表示面1からの互いに波長が異なる波長 λ 、 λ なる光22, 23が第1図に示されている。又、ここでは $\lambda_0 > \lambda$ なる関係を有するものである。

表示面1から出した波長 λ 、 λ の光22, 23は夫々三角柱プリズム41の光入射面傾面に入射し、傾面で夫々回折されて三角柱プリズム41中を伝播する。そして、波長 λ 、 λ の光22, 23は三角柱プリズム41の光出射傾面傾面で再度回折されて、三角柱プリズム41から光

束は一致している。第1図において、回折格子光学素子10で反射回折された光20, 21の光路は光軸と一致している。

即ち、第1図に示す表示方法では、三角柱プリズム41を構成する光学部材の屈折率が、波長が長い程小さくなる為、波長が長い光は傾角が小さくなるのに対し、回折格子光学部材41の回折作用が波長が長い程回折角が大きくなる為、回折作用が大きい程回折角が大きいという、相反する2つの作用を利用して、回折格子光学素子10で生ずる色分散による色収差を、三角柱プリズム41で生ずる逆方向の屈折にある色分散の効果で打ち消している。

又、三角柱プリズム41などの透明屈折光学素子の作用は、第1図に示す通り、短波長 λ の光の方が長波長 λ の光より、より長い光路（長）を経て、回折格子光学素子10に到達させることにある。従って、三角柱プリズム41から射出した波長 λ の光20が形成する虚像の位置より三角柱プリズム41から射出した波長 λ の光21

が形成する虚像の位置の方が、光軸Xに沿って面9に近い方が存することになる。

これに対し、回折格子光学素子10では、光の波長が長い程傾角距離 L が短くなる傾向にあり、波長 λ と傾角距離とは、 $(\cos \theta) / \lambda$ なる関係をもつ。従って、第1図に示す回折格子光学素子10を介して2つの異なる波長 λ 、 λ の光20, 21の虚像が同一位置に形成される為には、より短い波長 λ の光の傾点を、波長 λ の光の傾点より近い方に形成する必要がある。本実施例ではこの効果を上述の三角柱プリズム41により得ている。

従って、第1図に示す表示方法によれば、回折格子光学素子10で生じる波長 λ の光20と波長 λ の光21が形成する虚像の光軸方向の位置ずれを、三角柱プリズム41中で生じた波長 λ の光20と波長 λ の光21との回折率及び光路長差による、回折格子光学素子10とは逆傾角の虚像形成位置の位置ずれにより補正していることになる。

利用効率が向上する為、従来より明るい画像表示が行なえ、しかも色再現も良好な鮮明な画像を演出出来る。

又、第1図に示す三角柱プリズム41の如く、メリジオナル方向とサジタル方向で屈折力が相異なる屈折光学素子を光路中に配設すると、この2方向の屈折力の違いにより非点収差が発生する。従って、本実施例の回折格子光学素子10は三角柱プリズム41で発生する非点収差を補正する様に、メリジオナル方向とサジタル方向の屈折力を変えて製作してある。この為、色収差補正を極めて簡単な方法で行なえ、共に、他の収差への影響も殆ど回避できる。尚、回折格子光学素子10の傾点距離（屈折力）はメリジオナル方向とサジタル方向とで独立に制御出来るので、この非点収差補正の實施には特別な努力は必要とされない。

以下、第1図に示すHUDの具体的な数値實施例を述べる。

三角柱プリズム41の頂角 82° とし、説明を

本実施例によれば、上記2つの作用により回折格子光学素子10で発生する色収差をほぼ良好に補正している。従って、面9の位置が光軸Xに直交する方向へ変化したとしても、波長 λ の光20が形成する虚像と波長 λ の光21が形成する虚像とがずれて観察されることはない。

又、本実施例では従来の回折格子光学素子10の色収差補正の為に、三角柱プリズム41の傾な透明屈折光学素子を使用しており、容易に95%以上の透過率を得ることが出来る為、表示面1からの光を有効に利用して、明るい虚像表示を行なえる。

第5図に示した従来の色収差補正用のホログラム素子では、各波長（例えば波長 λ 、 λ 、 λ ）の光に対して均等に回折効率を上げることが困難であり、素子の性能上光利用効率が悪い。又、虚像表示の色の再現性にも問題が生じている。

しかしながら、透明屈折光学素子を利用して色収差補正を行なう本発明によれば、上述の通り光

容易にする為、波長 λ の光20, 22と波長 λ の光21, 23の三角柱プリズム41に対する入射角と出射角が等しいと仮定する。これにより夫々の光20, 22と21, 23の傾に対しては最小傾角を満す位置が設定される。

ここで $\lambda_0 = 0.58756 \mu\text{m}$ (d線)、 $\lambda = 0.54807 \mu\text{m}$ (e線)とし、三角柱はプリズム41の材質をBK7のガラスとした場合、BK7の波長 λ に対する屈折率は $N_0 = 1.51633$ 、BK7の波長 λ に対する屈折率は $N = 1.51825$ となる。

従って、第1図に示す波長 λ の光20と波長 λ の光21との傾す角及び波長 λ の光22と波長 λ の光23との傾す角は 0.76° となる。

この時、回折格子光学素子10の光入射面の面内格子ピッチを $4.41 \mu\text{m}$ とすれば、回折格子光学素子10に対して入射角 $\theta_0 = 45^\circ$ で入射する波長 λ の光22と入射角 $\theta = 44.24^\circ$ で入射する波長 λ の光23は、

回折格子光学素子10の光入射面の法線に対して矢々 θ 、 $=35^\circ$ の角度を成す方向へ回折される。

同様に、三角柱プリズム41の頂角を 76° とし、その材質にポリスチレンを用いる場合、 $N_1=1.59160$ 、 $N_2=1.59615$ となり、 $\theta_1=45^\circ$ 、 $\theta_2=44.166$ として、回折格子光学素子10の光入射面の面内格子ピッチを $4.00\mu\text{m}$ とすれば、波長 λ_1, λ_2 の光22, 23が回折格子光学素子10から射出する角度 θ は、 $\theta_1=34.1^\circ$ になる。

第2図は本発明の表示方法の第1実施例を示す、HUDの概略構成図である。

同図において、42は回折対称な球面凸レンズを部分的に切断して成る回折光学素子であり、通常の球面レンズの内外の部分のみを光通過域に設定し、光入射面に反射防止膜が形成してある。又、図中の他の符号は第1図の実施例で示す符号と同一部材を示している。

本実施例では、第1図の実施例の三角柱プリズ

$n_1=1.49$ 、 $n_2=1.49206$ のアクリルを用い、d値に対する焦点距離f、を $f_1=50\text{mm}$ 、e値に対する焦点距離f、を $f_2=49.79199\text{mm}$ 、回折格子光学素子10の焦点距離fを $f=1300\text{mm}$ とし、回折格子光学素子10と光学素子42の主点距離を $e=46.0\text{mm}$ に設定して2つの光学素子10, 42の合成焦点距離Fを $F=150\text{mm}$ とすると、d値及びe値により形成される像は完全に一致する。

第2図の実施例では、光学素子42を球面レンズの一部で構成しているが、球面レンズの一部にて光学素子42を構成しても良い。

第3図は本発明の表示方法の第2実施例を示すHUDの概略構成図である。

同図において、50は両面球面のメニスカスレンズを部分的に切断した光学部材43の凹面に光反射層44を形成した回折光学素子であり、光学部材43の凸面に反射防止膜が形成されて、この面が光入射出面の取方を兼ねている。

光学部材43を光路中で2回使用するこゝになる。従って、例えば第2図の光学素子42に比べて光学素子50を脚型化、垂直化することが可能である。又、第3図から明らかな様に、反射層44は光路を折り曲げる折り曲げミラーの機能を果たしており、これにより全体として小型のHUDを形成することが可能だけでなく、表示面1に表示する文字等を特別な垂直し文字で表示する必要があるという利点をもつ。

又、本実施例の光学素子50は、反射層44が光学部材43の凹面に形成され、この凹面が凸面鏡の機能を果たしているが、この凸面鏡の反射特性は反射の法則により波長に依存するものではない。従って、この凸面鏡は波長依存性のない凹面鏡として働き、例えば第2図の光学素子42と同一焦点距離の素子を光学素子50で構成する時、光学部材43の凸面の曲率が自ずから光学素子42の凸面の曲率より大きくなる。

このために、前述した様に光学素子50の屈折力の波長依存性を利用して回折格子光学素子10の

面)で全反射される。そして、凹面凸角プリズム45中を伝播して次に反射層48により反射されて、再び直角プリズム45の斜面に阿かう(光22, 23)ここで、互いに異なる波長 λ_1, λ_2 の光22, 23は直角プリズム45の斜面で双方共互いに異なる角度で回折され、光学素子50から射出する。

光学素子50から射出した波長 λ_1 の光20と波長 λ_2 の光21は、互いに異なる入射角で回折格子光学素子10の光入射面に入射すると共に、矢々の光20, 21には所定の光路長が与えられている。従って、前述の波長例同様、光学素子50の構成位置を適宜設定することにより、回折格子光学素子10で発生する色収差を補正して、波長 λ_1 の光20と波長 λ_2 の光21が回折格子光学素子を介して形成する虚像の位置を一致させることが出来る。

従って、本実施例においても、図9の位置が光軸と直交する方向に移動した場合でも、常に鮮明で明るい像を形成することが可能になる。

色収差を補正する場合に、波長による焦点距離の変化、即ち屈折力の変化が増大し、色収差補正に對する作用が飽和する。

第4図は本発明の表示方法の第3の実施例を示すHUDの概略構成図である。

同図において、60は直角プリズム45と反射層48から成る回折光学素子であり、直角プリズム45の互いに直交する2つの面の内、面が大きい方の面に反射層48を形成して反射面とし、残りの一面を光入射面としている。そして、直角面には反射防止膜が形成されている。一方、直角プリズム45の斜面には光出射面と全反射面の双方の機能を果たしており、矢々斜面の異なる部分にてその機能を分担している。又、図中の他の符号は第1図乃至第3図の実施例で示す符号と同一部材を示す。

表示面1からの波長 λ_1 の光25と波長 λ_2 ($\lambda_1 > \lambda_2$)の光24は、直角プリズム45の光入射面にはほぼ垂直に入射し、直角プリズム45中を伝播して、直角プリズム45の斜面(全反射

又、本実施例のHUDによれば、直角プリズム45の斜面における全反射と反射層48による反射により入射光を多重反射させている為、例えば第1図に示すプリズムと同一の機能(光学的作用)を小型のプリズムで果たすことが出来る。更に光学素子50と表示面1を近接又は密着させた形成を施すことが可能である。従って、本実施例のHUDによれば全体の小型化を図ることが容易である。

以上、第2図乃至第4図で示した各実施例においても、回折格子光学素子10の色収差補正用素子として透明回折光学素子42, 50, 60を用いている為、極めて高い光利用効率で表示面1からの光により鮮明な画像を形成出来る。

又、上記各実施例で示すHUDを車両等の情報表示素子として使用する場合、回折格子光学素子10を車両のフロントガラスに埋め込んだ形態として使用する。

そして、表示面1に形成する表示は不図示の図像情報発生手段からの図像信号に応じて行な

れる。

又、上記各異種材料では基板上に体位相型ホログラムを形成した回折格子光学素子を用いて、基板の上にレリーフを形成した位相型ホログラムの使用も可能であり、このレリーフ位相型ホログラムは直視性が良くHUDの低価格化に寄与する。

〔発明の効果〕

以上、本発明の表示方法によれば、透明屈折光学素子の分散作用を利用して所定の波長域を有する光線の各波長の光に対し回折格子光学素子への入射角広域と光路長域とを与え、回折格子光学素子で発生する色収差を抑えることが出来る。

従って、各波長の光は回折格子光学素子を介して同一位相に表示面の像を形成する為、図の位置が変化した場合でも常に鮮明な図像を観察出来る。

又、従来のホログラム素子等を利用した色収差補正法に比べ、光の利用効率が格段に向上し、又、真彩色の再現性も良好である。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の表示方法の一実施例を示すヘッドアップディスプレイの概略構成図。

第2図乃至第4図は本発明の表示方法の第1実施例乃至第2実施例を示すヘッドアップディスプレイの概略構成図。

第5図は従来のヘッドアップディスプレイを示す概略構成図。

1 … 表示面

9 … 図（図像）

10 … 回折格子光学素子

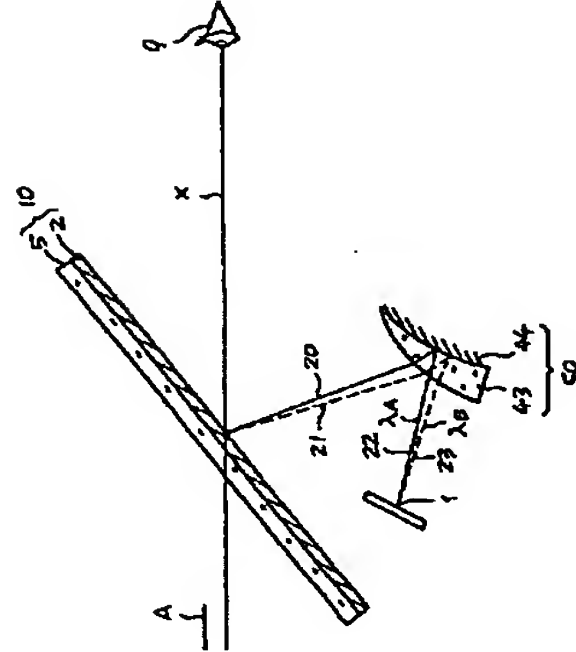
4.1, 4.2, 5.0, 6.0 … 色収差補正用の屈折光学素子。

出願人 キヤノン株式会社

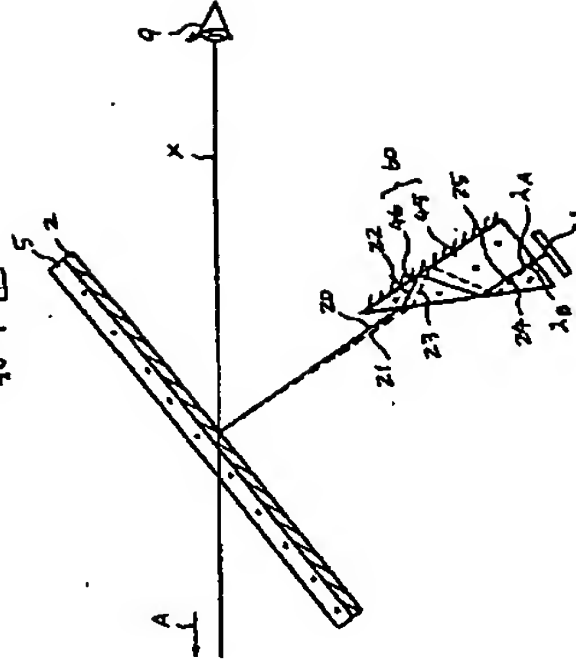
代理人 丸 島 恒 一



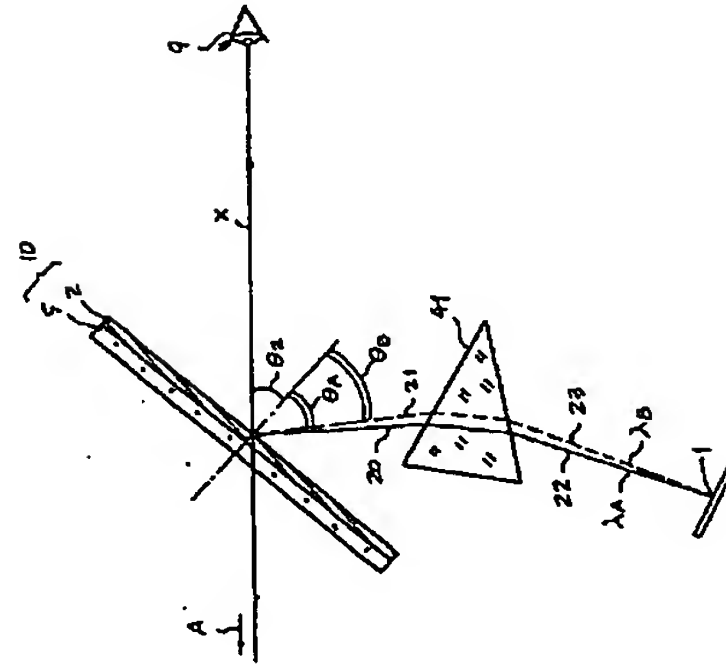
第3図



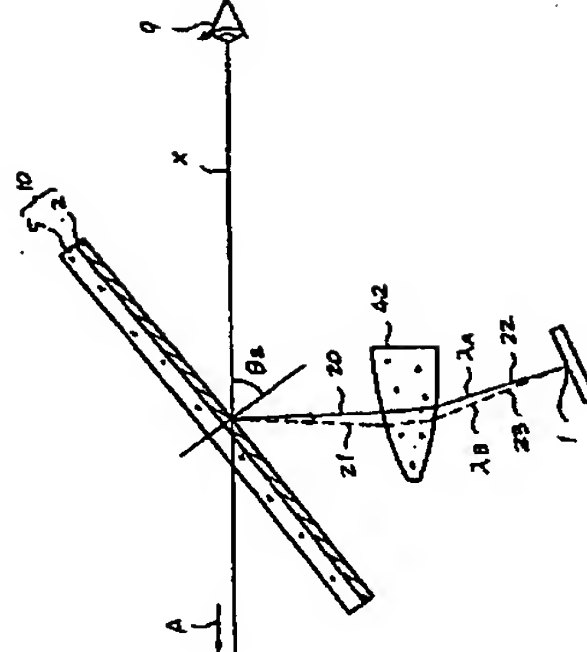
第4図



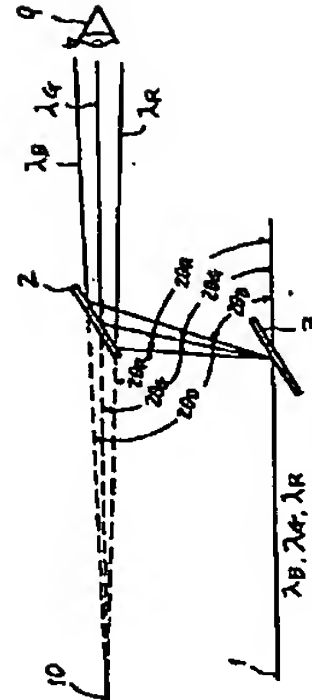
第1図



第2図



第5図



D

**An English Translation of Relevant Portions of
Japanese Patent Application Laid-Open No. H1-92718**

- (10) Japan Patent Office (JP)
(11) Patent Application Laid-Open
(12) Publication of Patent Application Laid-Open (A) No. H1-92718
(51) Int. Cl.⁴ G02B 27/42
27/02
In-House Ref. No. 8105-2H
A-8105-2H
(43) Laid-Open on April 12, 1989
Request for Examination: Yet to be Made
Number of Inventions: 1 (8 Pages in Total)
-

- (54) Title of the Invention

Method of displaying an image by use of a diffraction grating optical element while correcting the chromatic aberration produced by the diffraction grating optical element

- (21) Application Filed as No. S62-250447
(22) Application Filed on October 2, 1987
(72) Inventor: KUWAYAMA Tetsuo, c/o Canon Inc.,
30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo
(72) Inventor: TANIGUCHI Naosato, c/o Canon Inc.,
30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo
(72) Inventor: KUSHIBIKI Nobuo, c/o Canon Inc.,
30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo
(72) Inventor: YOSHINAGA Yoko, c/o Canon Inc.,
30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, Japan
(71) Applicant Canon Inc., 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo
(74) Agent MARUSHIMA Giichi, Patent Attorney

SPECIFICATION

1. Title of the Invention

Method of displaying an image by use of a diffraction grating optical element while correcting the chromatic aberration produced by the diffraction grating optical element

2. Claim

A method of displaying an image by use of a diffraction grating optical element by shining onto the diffraction grating optical element a light beam including information of an image to be displayed and having a predetermined wavelength width so that the diffraction grating optical element images the image on a predetermined image surface, wherein a refractive optical element having predetermined dispersion characteristics is disposed in an optical path along which the light beam reaches the diffraction grating optical element so that dispersion caused by the refractive optical element produces in different wavelength components of the light beam different optical path lengths and different angles of incidence relative to the diffraction grating optical element in such a way as to correct chromatic aberration produced by the diffraction grating optical element.

3. Detailed Description of the Invention

[Field of the Invention]

The present invention relates to a method of displaying an image by use of a diffraction grating optical element such as a hologram element, and more particularly to a method of displaying an image whereby the chromatic aberration produced by a diffraction grating optical element is corrected to obtain satisfactory image quality.

[Prior Art]

Conventionally, various techniques have been proposed in connection with so-called head-up display apparatuses (hereinafter referred to as HUDs) that permit the operator of an aircraft or vehicle to view information in his field of view while keeping his line of sight directed to the field of view extending in front of him so that the operator can observe an object located in front and the displayed information in a form superimposed on each other.

United States Patents Nos. 3,737,212 and 4,218,111 disclose HUDs that employ a special fluorescent tube as a display apparatus for directly supplying image information and that form an image by imaging an imaging beam having a wavelength range as narrow as several nm by use of a hologram reflective element.

As in the HUDs disclosed in the patents mentioned above, so long as the light beam used has a narrow wavelength range, the chromatic aberration produced by a diffraction grating optical element such as a hologram reflective element is negligibly small for practical

application.

However, when an image is displayed by use of a diffraction grating optical element, if colored display is attempted, or if a common inexpensive fluorescent tube is used as the aforementioned display apparatus, the chromatic aberration produced by the diffraction grating optical element causes bleeding of colors in or blurring of the displayed image.

One method for solving this problem is disclosed in Japanese Patent Application Laid-Open No. S61-35416.

Fig. 5 is a diagram illustrating the HUD disclosed in the publication mentioned just above.

In the figure, reference numeral 1 represents the display surface of a fluorescent tube or the like which produces light of wavelengths λ_B , λ_G , and λ_R corresponding to blue, green, and red. Reference numeral 2 represents a display hologram element that forms a virtual image 10 of the information displayed on the display surface 1. Reference numeral 3 represents a chromatic aberration correction hologram element that receives the light from the display surface 1 and directs it to the display hologram element 2. Reference numeral 9 represents the eye of an observer, which coincides with the entrance pupil of the optical system shown in Fig. 5.

The light of wavelengths λ_B , λ_G , and λ_R emanating from a predetermined object point on the display surface 1 strikes the correction hologram element 3, which diffracts light of different wavelengths in different directions. The light of wavelengths λ_B , λ_G , and λ_R then strikes the display hologram element 2, which diffracts and thereby reflects the light to direct it to the entrance pupil 9. Here, the display hologram element 2 also diffracts light of different wavelengths λ_B , λ_G , and λ_R in different directions. Thus, the positions at which the light of different wavelengths λ_B , λ_G , and λ_R respectively form virtual images appear to be approximately coincident (at the position of the virtual image 10) as observed from the position of the pupil 9 shown in the figure.

However, with the method of correcting chromatic aberration shown in Fig. 5, when the position of the pupil 9 moves in a direction perpendicular to the optical axis (corresponding to the optical path of the light of wavelength λ_G in Fig. 5), longitudinal chromatic aberration causes the images displayed by the light of different wavelengths λ_B , λ_G , and λ_R to be observed at positions deviated along the optical axis. Thus, in a case where the observation position needs to be varied laterally over a distance of a maximum of 250 mm as

with the driver of a car, the HUD disclosed in the aforementioned publication does not always display a sharp image.

As described above, with a conventional method of displaying an image by use of a HUD employing a diffraction grating optical element such as a hologram element, it is difficult to achieve observation of a sharp image unless the position of the pupil is restricted.

[Summary of the Invention]

An object of the present invention is to provide a method of displaying an image by use of a diffraction grating optical element whereby the longitudinal chromatic aberration produced by the diffraction grating optical element is satisfactorily corrected so as to permit observation of a sharp image even when the position of the pupil moves in a direction perpendicular to the optical axis.

To achieve the above object, according to the present invention, a method of displaying an image includes shining onto a diffraction grating optical element a light beam including information of an image to be displayed and having a predetermined wavelength width so that the diffraction grating optical element images the image on a predetermined image surface, wherein a refractive optical element having predetermined dispersion characteristics is disposed in the optical path along which the light beam reaches the diffraction grating optical element so that the dispersion caused by the refractive optical element produces in different wavelength components of the light beam different optical path lengths and different angles of incidence relative to the diffraction grating optical element in such a way as to correct the chromatic aberration produced by the diffraction grating optical element.

Other features and advantages of the present invention will be described specifically in the embodiments described below.

:
:
:

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a diagram showing an outline of the construction of a head-up display as an example of the method of displaying an image according to the invention.

Figs. 2 to 4 are diagrams each showing an outline of the construction of a head-up display, as first and second modified examples of the method of displaying an image according to the invention.

Fig. 5 is a diagram showing an outline of the construction of a conventional head-up display.

- 1 display surface
- 9 pupil (observer)
- 10 diffraction grating optical element
- 41, 42, 50, 60 refractive optical element for correction of chromatic aberration